

CRT ディスプレイと色票の知覚・測色 カラーマッチング不一致と等色関数による分析

羽左間 歩*・岡嶋克典**・横井健司*・内川恵二*・山口雅浩**・喜多紘一**

*東京工業大学 大学院 総合理工学研究科 物理情報システム創造専攻

**東京工業大学 大学院 理工学研究科 像情報工学研究施設

〒226-8502 横浜市緑区長津田町 4259

1. はじめに

近年、コンピュータを使って、誰もが手軽にスクリーン上でカラー画像を扱うことができ、そのカラー画像を各種の機器で容易に入出力させることができるようになった。しかし、CRTディスプレイとハードコピーのカラー画像間で、測色値を同じにしても色の見えが一致しないという問題が指摘されている。そこで本研究では、表示媒体の違いによって測色値が等しく、分光組成が異なる色刺激（CRTディスプレイ上に呈示した刺激とカラープリンタで印刷した色票）の色の見えの違いが生じる要因を明らかにすることを目的として、実験を行った。

過去の研究では、色の見えのモード、周囲の条件などを完全に統制せずに実験を行っているため、両者の色の見えの違いが何に起因しているのかを明確にすることができていない。また、私たちは日常生活において、多色で構成されるカラー画像で色の見えを評価することが多い。そこで単色刺激と多色刺激を用いて、CRTディスプレイと色票の色の見えのモードを表面色モードで呈示し、両者の周囲条件と観察条件を完全に一致させた上で、CRTディスプレイ上に呈示された刺激と色票間の知覚的カラーマッチングを行った。表面色モードに一致させたのは、日頃目している多くの色が、表面色モードとして知覚されているからである。

2. 実験

2.1 実験装置と刺激

実験装置は、被験者用ブースとCRTディスプレイと色票が設置された刺激呈示用ブースからなる。両方のブースの境界には2つの開口(7.3 deg × 7.3 deg)があり、被験者はその開口を通して、視距離120 cmで色票刺激とCRTディスプレイ上に呈示された刺激を両眼自由視で左右対称的に観察する。色票刺激はカラープリンタで印刷したもので、昼白色(5000 K)の蛍光灯ランプ2本を用いて正面左右から照明されている。また、実験室内も同様の蛍光灯ランプで照明した。テスト刺激の色は11の基本色の中から赤₁、緑₂、青₃、黄₄、茶₅、紫₆、オレンジ₇、ピンク₈、灰色の9色を使用し、単色刺激と多色刺激(3×3のパッチアレイ)として用いた。刺激パッチのサイズは1.5 deg × 1.5 degで、白色背景のサイズは6.5 deg × 6.5 degである(白色背景の周りには灰色のフレームがある)。また、照明の不均一性による影響をなくすために、単色刺激でのパッチの呈示位置は、各色で多色刺激での呈示位置と一致させた。

2.2 手続き

被験者は、色票を照明する蛍光灯と同じ照明光下(45 lx)で5分間の明順応を行った後、CRTディスプレイ上に呈示された刺激の色度(x, y)と輝度(L)を調整することにより、背景色(白色)の知覚的カラーマッチングを行う(このとき刺激パッチは呈示されず、白色背景と

灰色フレームのみを呈示). その後, 知覚的にカラーマッチングした背景色を用いて, 単色条件の知覚的カラーマッチングを行い, 続いて多色条件の知覚的カラーマッチング (多色の色票が参照刺激として呈示され, CRT ディスプレイ上には同パターンの刺激を呈示) を行う.

また, CRT ディスプレイ上でマッチングした刺激の測色値は, セッション終了後に分光放射計 (SR-2A) で毎回測定した.

2.3 被験者

被験者は5名で, 全員色覚正常である. このうち被験者MKはナイーブな被験者で, その他の被験者は心理物理実験の経験があった. また, 1色のマッチングには1~5分の時間を要した.

3. 結果と考察

3.1 結果

図1に被験者AHのマッチング結果を示す. \times が色票刺激の $u'v'$ 色度点 (単色刺激と多色刺激の平均値) を表し, それに対応する CRT ディスプレイ上でマッチングした刺激の $u'v'$ 色度点を \bullet (単色条件) と \circ (多色条件) のシンボルで表す. また, マッチング結果を信頼領域 95% の確率楕円でフィッティングした (実線が単色条件, 破線が多色条件). 図から, 楕円内に色票の色度点があるときは, 両者の測色値を一致させ

れば, 知覚的に色の見えが一致すると考えられる. しかし, 楕円外に色票の色度点があるときは, 測色的に一致させたとしても, 知覚的には色の見えは一致しないと考えられる. つまり, 知覚的に等色している CRT ディスプレイ上の刺激と色票刺激の測色値は異なることを示す.

図2に各被験者の平均値を示す. \bullet が単色条件, \circ が多色条件の結果を表す. 色票の色度点の周りにばらつく色もあれば, 例えば「青」のように全被験者で同じような方向にずれる色もある. すべての色でマッチング結果が色票の色度点の周りにばらつくのであれば, 等色関数の単なる個人差に依るものであるが, 全被験者とも同じ方向にずれる色もあることから, 標準観測者の等色関数に何らかの修正が必要であることを示唆している.

図3に被験者AHと被験者MKのマッチング結果の平均値と色票の測色値の色差を示す. \blacksquare が単色条件, \square が多色条件を表す. 単色と多色の違いによる一貫した傾向は見られず, 被験者間でも共通していない. 被験者AHは条件の違いによる差が若干見られるのに対し, 被験者MKについては, 条件の違いによる差はほとんどない. つまり, 単色と多色の違いは, 異なる表示媒体間のカラーマッチングにおいて大きな問題にはならないことを示唆している.

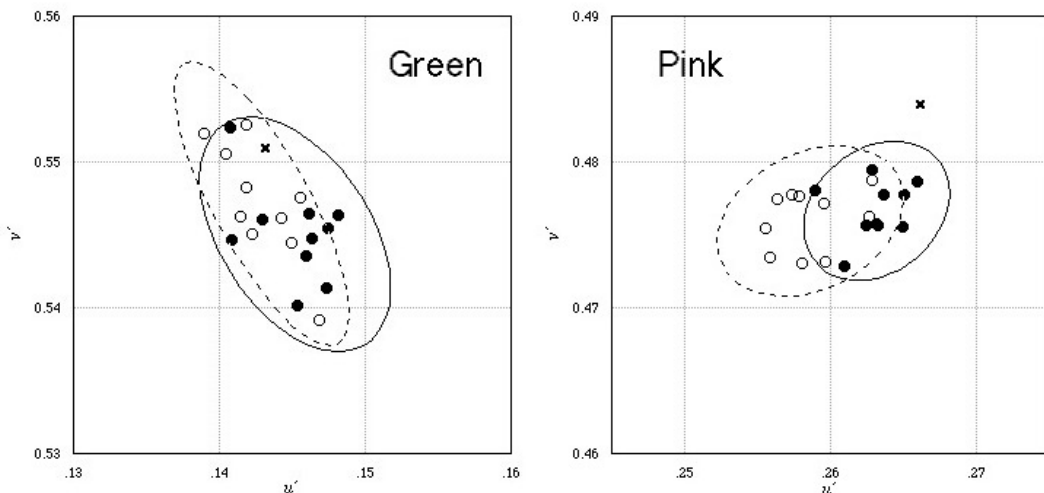


図1 被験者AHのマッチング結果.

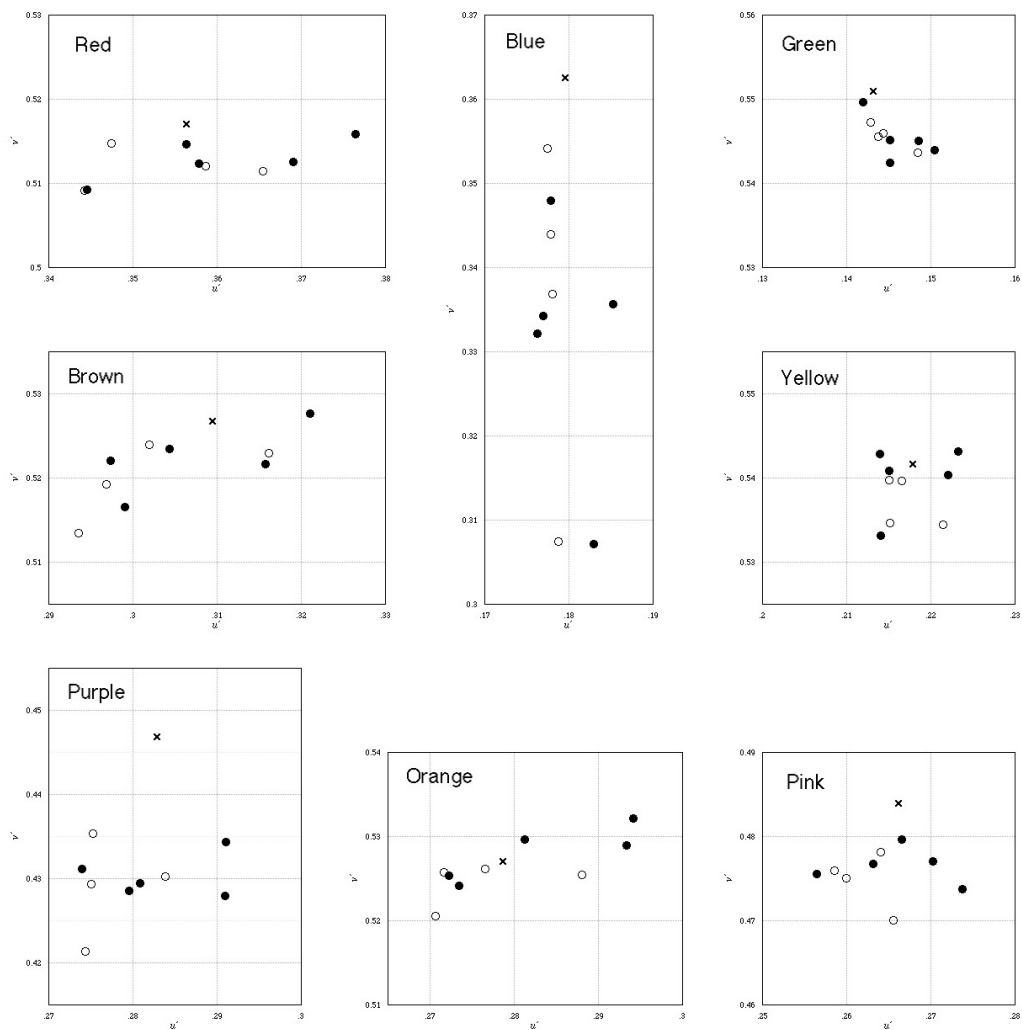


図2 各被験者の平均値。

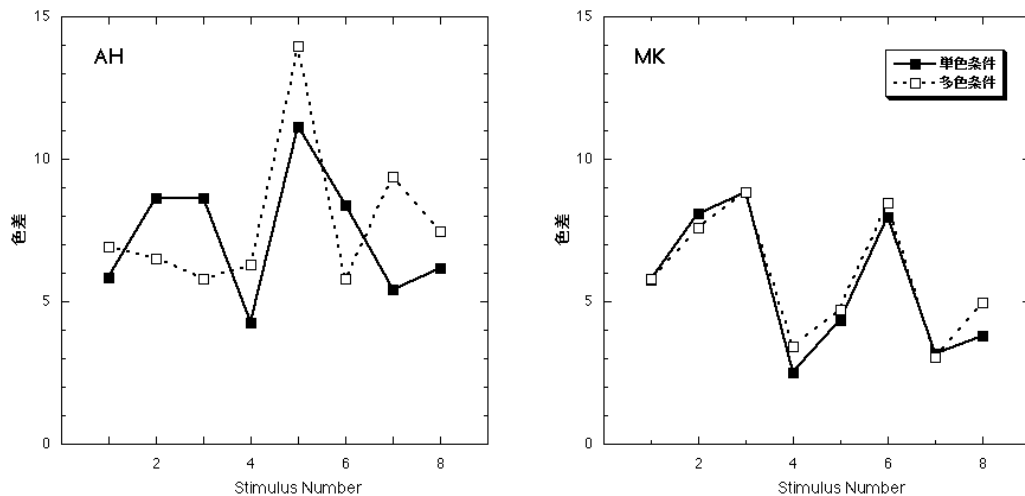


図3 CRT ディスプレイと色票間の色差 (CIELABcolor difference)。

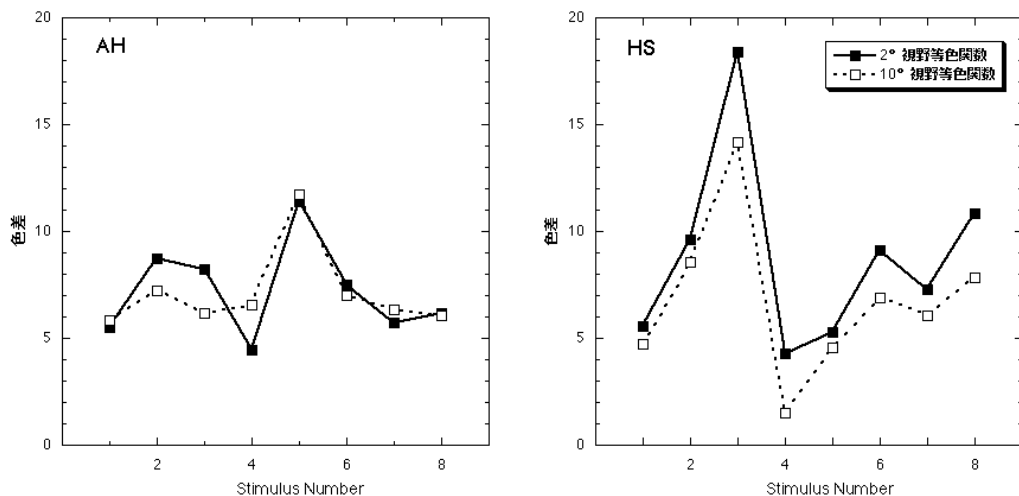


図4 2° 視野等色関数と10° 視野等色関数を用いた結果.

3.2 2° 視野等色関数と10° 視野等色関数による比較
次に等色関数による分析として, 2° 視野等色関数と10° 視野等色関数を用いて三刺激値を計算し, 色差により比較, 検討を行った. すなわち, 等色関数を変更したときに色差がどのように変化するかを調べた. 図4に被験者AHと被験者HSの単色条件における2° 視野等色関数(■)と10° 視野等色関数(□)による比較を示す. 色差を計算する際, 色票の測色値は単色刺激の測色値を用いた. 図から, 被験者HSのみ10° 視野等色関数のほうがすべての色で色差が小さくなっている. つまり, 等色関数を変更することによって, 異なる表示媒体間のカラーマッチングの精度を高めることができる可能性を示している. また, この結果は2° 視野等色関数より10° 視野等色関数を用いたほうが色差が小さくなる¹⁾と

いう過去の研究 (Fairchild *et al.* 2002) とも一致している.

4. まとめ

表示媒体の違いによって分光組成が異なる2種の色光が知覚的に等色した際に両者の測色値に差が生じるのは, 各個人の等色関数が標準観測者の等色関数と異なることが主な原因であることを示した. 今後は, マッチングの精度や実際に各個人の等色関数を測定し, 本実験結果を分析することが課題である.

文献

- 1) M. Shaw and M. Fairchild: Evaluating the 1931 CIE color-matching functions. *Color Research and Application*, 27, 316-329, 2002.